

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-056054  
(43)Date of publication of application : 27.02.1996

(51)Int.Cl. H01S 3/18  
H01L 33/00

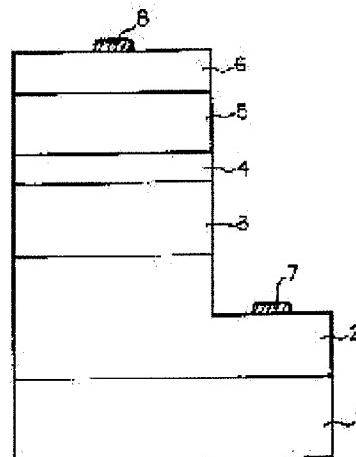
(21)Application number : 06-189178 (71)Applicant : FUJITSU LTD  
(22)Date of filing : 11.08.1994 (72)Inventor : KURAMATA AKITO

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain clad layers having high quality crystallizability by a method wherein whose crystalline structure is formed of a mixed crystal represented by a wurtzite type specific formula.

**CONSTITUTION:** This semiconductor light emitting device is composed of an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate 1, an n-GaN contact layer 2, an n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> clad layer 3, a GaN active layer 4, a p-Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> clad layer 5, a p-GaN contact layer 6, an n electrode 7 e.g. Al etc., and a p electrode 8 e.g. Au etc. At this time, said clad layers 3, 5 whose crystalline structure is formed of wurtzite type Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> (where 0<x≤1 and 0<y≤0.2) mixed crystal to obtain the high quality crystallizability clad layers 3, 5. Through these procedures, a lattice matched element structure leaving the high quality crystallizability intact can be easily formed.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-56054

(43)公開日 平成8年(1996)2月27日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 01 S 3/18  
H 01 L 33/00

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全8頁)

(21)出願番号

特願平6-189178

(22)出願日

平成6年(1994)8月11日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 倉又 朗人

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 有我 輯一郎

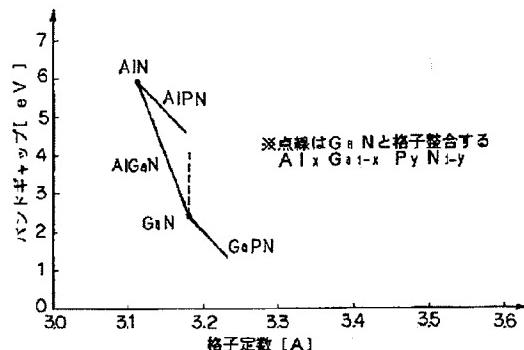
(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【目的】 高品質な結晶性のクラッド層を得ることができ、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

【構成】 活性層4, 12, 15, 18がクラッド層3, 5で挟まれた半導体発光装置において、該クラッド層3, 5を結晶構造がウルツァイト型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  (但し、 $0 < x \leq 1$  とし、かつ  $0 < y \leq 0.2$  とする) 混晶から形成してなる。

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  系の格子定数と  
バンドギャップの関係を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】活性層(4, 12, 15, 18)がクラッド層(3, 5)で挟まれた半導体発光装置において、該クラッド層(3, 5)を結晶構造がウルツァイト型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$ (但し、 $0 < x \leq 1$ とし、かつ $0 < y \leq 0.2$ とする)混晶から形成してなることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】前記クラッド層(3, 5)は、GaNと格子整合してなることを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項3】前記活性層(4)は、GaNから構成してなることを特徴とする請求項1, 2記載の半導体発光装置。

【請求項4】前記活性層(12, 18)は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ と $\text{GaP}_y\text{N}_{1-y}$ (但し、 $0 \leq x \leq 0.5$ とし、かつ $0 \leq y \leq 0.2$ とする)とからなる歪量子井戸から形成してなることを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項5】前記活性層(15, 21)は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ と $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ (但し、 $0 \leq x \leq 0.5$ とし、かつ $0 \leq y \leq 0.5$ とする)とからなる歪量子井戸から形成してなることを特徴とする請求項1, 2記載の半導体発光装置。

【請求項6】前記活性層(12, 15, 18, 21)とクラッド層(3, 5)間に光閉じ込め層(11, 13, 17, 19)を有し、かつ該光閉じ込め層(11, 13, 17, 19)は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$ (但し、 $0 \leq x <$ 請求項1の $x$ とし、かつ $0 \leq y <$ 請求項1の $y$ とする)から形成してなることを特徴とする請求項1乃至5記載の半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体発光装置に係り、詳しくは、GaN系結晶を用いたLEDや半導体レーザ等に適用することができ、特に、高品質な結晶性のクラッド層を得ることができ、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる半導体発光装置に関する。

【0002】GaNをベースとした材料系は、青色から紫外域に直接遷移型のバンドギャップを有することから、短波長半導体発光素子の材料として用いることはできる。近年、これを用いて作成した青色LEDでは、高い光出力が得られ、かつ、通電に伴う経時的な光出力が得られ、かつ、通電に伴う経時特性の劣化がほとんど見られないことが報告されている。そして、これを契機に、これまで研究されてきたSiCやZnSe系の材料に代わる新しいLED用及び半導体レーザ素子用材料として盛んに研究開発が行われるようになってきている。

## 【0003】

【従来の技術】図8は従来の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、GaN系結晶を用いたLEDに適用する場合である。図8において、1001は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基板であり、1002～1006は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基板1001上に順次形成されたn-GaNコンタクト層、n-AlGaNクラッド層、GaN活性層、p-AlGaNクラッド層、p-GaNコンタクト層である。1007はp-GaNコンタクト層1006側に形成されたp電極であり、1008はn-GaNコンタクト層1002側に形成されたn電極である。この従来の半導体発光装置では、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ をクラッド層1003、1005に用い、 $\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ を活性層1004に用い、GaNをコンタクト層1002、1006に用いている。このように、この従来の半導体発光装置では、GaNをベース材料系とした $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 系が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】図9は $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 系の格子定数とバンドギャップの関係を示す図である。図8に示した半導体発光装置の $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層1003、1005、GaNコンタクト層1002、1006及び $\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ 活性層1004は、各々図9中の点a、点b、点cに相当する。

【0005】従来の半導体発光装置では、図9から判るように、各層の格子定数は異なっているため、格子不整合に起因する結晶欠陥が各層の界面付近に多数発生する。これらの結晶欠陥は、素子の特性を損なう原因となり、素子の特性向上を妨げている。歪量子井戸のように、欠陥の発生する臨界膜厚以下の非常に膜厚の小さな層(厚さ数十から百オングストローム程度)を利用する場合を除いては、各層の格子定数は、一致していることが望ましい。

【0006】この各層の格子定数を容易に一致させる方法としては、クラッド層に図9中の点dで示されるような $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 混晶を用い、活性層にGaN(点b)と $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ (点c)とからなる歪量子井戸を用いる方法が挙げられている。このような構造を採用することにより、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層を除いた部分の格子定数は、一致するようになり、また、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層も厚さが臨界膜厚以下とするとができるため、全体を通して結晶欠陥の発生を完全に抑えることができる。

【0007】しかしながら、クラッド層となる $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 混晶には、高品質の結晶を得るのが非常に難しいという問題がある。これは $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 混晶を構成する3つの2元結晶AIN, GaN, InNを成長する場合の最適温度が各々異なることによる。この $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 混晶を構成する3つの2元結晶AIN, GaN, InNのうち、結晶の結合エネルギーが最も大きいAINの成長では、結合が

強固で解離し難いため、高品質の結晶を得るのに1000°C以上の高温が必要であるのに対し、結合エネルギーが小さいInNの成長では、結合が弱く解離し易いため、温度を800°C以下に抑えないと結晶成長が行えない。

【0008】このため、クラッド層となるAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N混晶の成長は、仮に低温成長が必要なInNに合わせて、800°C以下で結晶成長を行った場合には、高温成長が必要なAlNを含んでいるので、高品質な結晶を得ることができない。また、逆に高温成長が必要なAlNに合わせて1000°C以上に結晶成長を行った場合には、低温成長が必要なInNは解離してしまい、InNを含んだAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N混晶を得ることができない(1-x-y=0)。

【0009】さて、2元結晶と平衡する5族蒸気圧は、このような問題を考える際の良い指標となる。ここで、図10にAlN, GaN及びInNの5族平衡蒸気圧を示す。AlNとInNの間の5族平衡蒸気圧の差は800°C以上の広い温度範囲にわたって30桁以上もあり、結合エネルギーの差が非常に大きいことが見て取れる。

【0010】以上の説明から判るように、クラッド層となるAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の材料では、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を形成することが困難であるという問題があった。そこで、本発明は、高品質な結晶性のクラッド層を得ることができ、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる半導体発光装置を提供することを目的としている。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、活性層がクラッド層で挟まれた半導体発光装置において、該クラッド層を結晶構造がワルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>(但し、0<x≤1とし、かつ0<y≤0.2とする)混晶から形成してなることを特徴とするものである。

【0012】請求項2記載の発明は、上記請求項1記載の発明において、前記クラッド層は、GaNと格子整合してなることを特徴とするものである。請求項3記載の発明は、上記請求項1, 2記載の発明において、前記活性層は、GaNから構成してなることを特徴とするものである。請求項4記載の発明は、上記請求項1, 2記載の発明において、前記活性層は、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>NとGaP<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>(但し、0≤x≤0.5とし、かつ0≤y≤0.2とする)とからなる歪量子井戸から形成してなることを特徴とするものである。

【0013】請求項5記載の発明は、上記請求項1, 2記載の発明において、前記活性層は、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>NとIn<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N(但し、0≤x≤0.5とし、かつ0≤y≤0.5とする)とからなる歪量子井戸から形成してなることを特徴とするものである。請求項6記載の

発明は、上記請求項1乃至5記載の発明において、前記活性層とクラッド層間に光閉じ込め層を有し、かつ該光閉じ込め層は、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>(但し、0≤x<請求項1のxとし、かつ0≤y<請求項1のyとする)から形成してなることを特徴とするものである。

#### 【0014】

【作用】従来、GaN系の半導体発光装置のクラッド層には、前述の如くAlGaNを用いていたが、このAlGaNでは、結晶性良く成長させるのが難しく、格子整合を犠牲にしつつ素子を形成していた。このような問題を解決するために、本発明では、準安定の材料系であるAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系混晶をクラッド層に利用する方法を採用する。以下、具体的に説明する。

【0015】Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、この混晶を構成する4つの2元結晶のうち、AlNとGaNがウルツァイト型の結晶構造を有し、AlPとGaPがシンクブレンド型の結晶構造を有することから、安定には存在し得ないため、これまでこのAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶を利用することは考慮されていなかった。AlN, GaN, AlP及びGaPは各々固溶限があり、GaP中にNを固溶させて引き上げると、GaNを引き上げることができるが、そのGaN中にはPは固溶していない。このため、前述の如く、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶を利用することは考慮されていなかった。

【0016】しかしながら、有機金属気相成長法(MOVPE法)等の気相成長法により1000°C程度の温度で結晶成長を行った場合、焼成組成yが0.1程度の組成までのAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶を準安定なウルツァイト型の結晶として得ることができる。ここで、図1はAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系の格子定数とバンドギャップの関係を示す図である。

【0017】この図1から判るように、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系同様に格子整合を保ったままバンドギャップを変化させることができる。図1中の点線は、GaNと格子整合したラインを示すが、例えばこの点線上のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶をクラッド層に用い、GaNをコンタクト層や光閉じ込め層に用いることにより、結晶欠陥の発生を抑えた半導体発光装置を形成することができる。

【0018】また、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系では、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系におけるInとは異なり、結晶中にPを含有させるために、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系よりも極端に成長温度を低くすることなく、1000°C程度の比較的高温で結晶成長を行うことができる。このため、含有するAlNを高品質に保てる程度の高温で結晶を成長することができる。

【0019】ここで、図2はAlN, GaN, AlP及びGaPの5族平衡蒸気圧を示す図である。この図2に示す如く、InNの場合と異なり、AlPとGaPの5

族平衡蒸気圧は、GaNとAlNの間に位置しており、InNと比較して、GaPとAlPは、高温でも結晶中に取込まれ易いことが見て取れる。これから、GaP及びAlPは、最高成長温度をGaNとAlNの間に持つて来ることができるうえ、AlGaNと同程度の温度で結晶成長することができる。

【0020】以上の説明から判るように、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系の材料をクラッド層に採用することにより、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系クラッド層を得ることができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

#### 【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

(実施例1) 図3は本発明に係る実施例1の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、LED等に適用することができる。

【0022】本実施例の半導体発光装置は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1と、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1上に形成された膜厚3μm程度のn-GaNコンタクト層2と、n-GaNコンタクト層2上に形成された膜厚1μm程度のn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3上に形成された膜厚0.2μm程度のGaN活性層4と、GaN活性層4上に形成された膜厚1μm程度のp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5上に形成された膜厚0.5μm程度のp-GaNコンタクト層6と、n-GaNコンタクト層2側に形成されたAl等のn電極7と、p-GaNコンタクト層6側に形成されたAu等のp電極8から構成されている。

【0023】なお、クラッド層3、5を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0<x≤1で、かつyは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると層状に安定に結晶成長し難くなり実用上好ましくない。このように、本実施例では、クラッド層3、5を結晶構造がウルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶から形成して構成したため、前述の如くAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3、5を得ることができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

【0024】(実施例2) 図4は本発明に係る実施例2の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、LED等に適用することができる。本実施例の半導体発光装置は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1と、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1上に形成された膜厚3μm程度のn-GaNコンタクト層2と、n-GaNコンタクト層2上に形成された膜厚1μm程度のn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3上に形

成された膜厚0.1μm程度のクラッド層3、5とは組織の異なるn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層11と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層11上に形成された膜厚80オングストローム程度のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N膜と膜厚50オングストローム程度のGaP<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>とかなる歪量子井戸(3周期)構造の活性層12と、活性層12上に形成された膜厚0.1μm程度のクラッド層3、5とは組織の異なるp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層13と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層13上に形成された膜厚1μm程度のp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5上に形成された膜厚0.5μm程度のp-GaNコンタクト層6と、n-GaNコンタクト層2側に形成されたAl等のn電極7と、p-GaNコンタクト層6側に形成されたAu等のp電極8から構成されている。

【0025】なお、クラッド層3、5を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0<x≤1で、かつyは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると層状に安定に結晶成長し難くなり実用上好ましくない。また、光閉じ込め層11、13を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0≤x<クラッド層3、5の上記xで、かつ0≤y<クラッド層3、5の上記yであればよい。p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層12の歪量子井戸を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N混晶とGaP<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、0≤x≤0.5であればよく、yは0≤y≤0.2であればよく、xが0.5より大きくなると、またyが0.2より大きくなると、層状に安定に形成し難くなり実用上好ましくない。

【0026】このように、本実施例では、クラッド層3、5を結晶構造がウルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶から形成して構成したため、前述の如く、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3、5を得ることができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

【0027】(実施例3) 図5は本発明に係る実施例3の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、LED等に適用することができる。本実施例の半導体発光装置は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1と、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1上に形成された膜厚3μm程度のn-GaNコンタクト層2と、n-GaNコンタクト層2上に形成された膜厚1μm程度のn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3上に形成された膜厚0.1μm程度のクラッド層3、5とは組成の異なるn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層11と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層11上に形成された膜厚80オングストローム程度のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N膜と膜厚50オングストローム程度のIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nとかなる歪量子井戸(3周期)構造の

活性層15と、活性層15上に形成された膜厚0.1μm程度のクラッド層3, 5とは組成の異なるp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層13と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層13上に形成された膜厚1μm程度のp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5上に形成された膜厚0.5μm程度のp-GaNコンタクト層6と、n-GaNコンタクト層2側に形成されたAl等のn電極7と、p-GaNコンタクト層6側に形成されたAu等のp電極8から構成されている。

【0028】なお、クラッド層3, 5を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0<x≤1で、かつyは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると層状に安定に結晶成長し難くなり実用上好ましくない。また、光閉じ込め層11, 13を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0≤x<クラッド層3, 5の上記xで、かつ0≤y<クラッド層3, 5の上記yであればよい。p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>光閉じ込め層12の歪量子井戸を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N混晶とIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N混晶は、0≤x≤0.5であればよく、yは0≤y≤0.5であればよく、xが0.5より大きくなると、またyが0.5より大きくなると、層状に安定に形成し難くなり実用上好ましくない。

【0029】このように、本実施例では、クラッド層3, 5を結晶構造がウルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶から形成して構成したため、前述の如く、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3, 5を得ることができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

【0030】(実施例4) 図6は本発明に係る実施例4の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、LED等に適用することができる。本実施例の半導体発光装置は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1と、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1上に形成された膜厚3μm程度のn-GaNコンタクト層2と、n-GaNコンタクト層2上に形成された膜厚1μm程度のn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3上に形成された膜厚0.1μm程度のn-GaN光閉じ込め層17と、n-GaN光閉じ込め層17上に形成された膜厚80オングストローム程度のGaN膜と膜厚50オングストローム程度のIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nとからなる歪量子井戸(3周期)構造の活性層18と、活性層18上に形成された膜厚0.1μm程度のp-GaN光閉じ込め層19と、p-GaN光閉じ込め層19上に形成された膜厚1μm程度のp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5上に形成された膜厚0.5μm程度のp-GaNコンタクト層6と、n-GaNコンタクト層2側に形成されたAl等のn電極7と、p-GaNコンタクト層6側に形成されたAu等のp電極8から構成されている。

【0031】なお、クラッド層3, 5を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0<x≤1で、かつyは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると、層状に安定に結晶成長し難くなり、活性層18の歪量子井戸を構成するとGaP<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、yは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると、層状に安定に形成し難くなり実用上好ましくない。

- 10 【0032】このように、本実施例では、クラッド層3, 5を結晶構造がウルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶から形成して構成したため、前述の如く、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3, 5を得ることができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。
- 【0033】(実施例5) 図7は本発明に係る実施例5の半導体発光装置の構造を示す断面図である。図示例は、LED等に適用することができる。本実施例の半導体発光装置は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1と、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板1上に形成された膜厚3μm程度のn-GaNコンタクト層2と、n-GaNコンタクト層2上に形成された膜厚1μm程度のn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3と、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3上に形成された膜厚0.1μm程度のn-GaN光閉じ込め層17と、n-GaN光閉じ込め層17上に形成された膜厚80オングストローム程度のGaN膜と膜厚50オングストローム程度のIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nとからなる歪量子井戸(3周期)構造の活性層18と、活性層18上に形成された膜厚0.1μm程度のp-GaN光閉じ込め層19と、p-GaN光閉じ込め層19上に形成された膜厚1μm程度のp-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5と、p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層5上に形成された膜厚0.5μm程度のp-GaNコンタクト層6と、n-GaNコンタクト層2側に形成されたAl等のn電極7と、p-GaNコンタクト層6側に形成されたAu等のp電極8から構成されている。
- 【0034】なお、クラッド層3, 5を構成するAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶は、xは0<x≤1で、かつyは0<y≤0.2であればよく、yが0.2より大きくなると、層状に安定に結晶成長し難くなり、活性層21の歪量子井戸を構成するIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N混晶は、yは0≤y≤0.5であればよく、yが0.5より大きくなると、層状に安定に形成し難くなり実用上好ましくない。
- 【0035】このように、本実施例では、クラッド層3, 5を結晶構造がウルツァイト型のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>混晶から形成して構成したため、前述の如く、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N系の場合よりも高品質な結晶性のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>クラッド層3, 5を得る

ことができる。このため、結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができる。

【0036】なお、上記各実施例では、LEDに適用する場合について説明したが、本発明はこれのみに限定されるものではなく、例えば劈開やエッチングにより横方向にキャビティを形成することにより、ストライプ型の半導体レーザに適用することができる。また、例えばエピタキシャル膜の上下に半導体多層膜や誘電体多層膜により反射鏡を形成し、上下方向にキャビティを形成することにより、面発光型の半導体レーザに適用することができる。

【0037】上記各実施例では、基板1を、サファイアで構成する場合を説明したが、本発明はこれのみに限定されるものではなく、基板1をSi, SiC, GaAs, GaP, ZnO, MgO等で構成してもよい。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、高品質な結晶性のクラッド層を得ることができ。結晶を高品質に保ったまま格子整合した素子構造を容易に形成することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系の格子定数とバンドギャップの関係を示す図である。

【図2】AlN, GaN, AlP及びGaPの5族平衡蒸気圧を示す図である。

【図3】本発明に係る実施例1の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図4】本発明に係る実施例2の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

\* 【図5】本発明に係る実施例3の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図6】本発明に係る実施例4の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図7】本発明に係る実施例5の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図8】従来例の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図9】Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系の格子定数とバンドギャップの関係を示す図である。

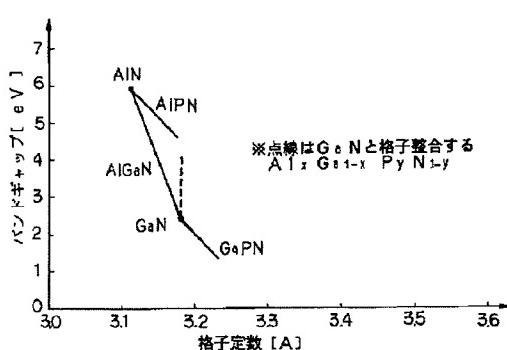
【図10】AlN, GaN及びInNの5族平衡蒸気圧を示す図である。

【符号の説明】

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Al <sub>x</sub> O <sub>3</sub> 基板  |
| 2  | n-GaNコンタクト層  |
| 3  | n-Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> P <sub>y</sub> N <sub>1-y</sub> クラッド層  |
| 4  | GaN活性層   |
| 5  | p-Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> P <sub>y</sub> N <sub>1-y</sub> クラッド層  |
| 6  | p-GaNコンタクト層  |
| 7  | n電極  |
| 8  | p電極  |
| 11 | n-Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> P <sub>y</sub> N <sub>1-y</sub> 光閉じ込め層 |
| 12 | 活性層  |
| 13 | p-Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> P <sub>y</sub> N <sub>1-y</sub> 光閉じ込め層 |
| 15 | 活性層  |
| 17 | n-GaN光閉じ込め層  |
| 18 | 活性層  |
| 19 | p-GaN光閉じ込め層  |
| 21 | 活性層  |

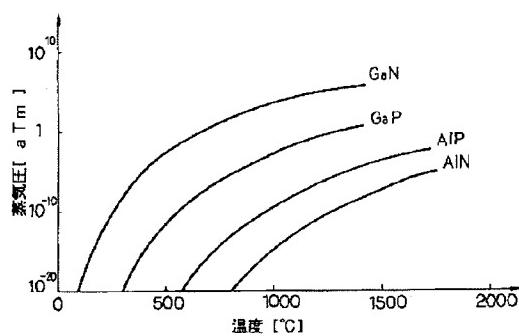
【図1】

Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub>系の格子定数と  
バンドギャップの関係を示す図



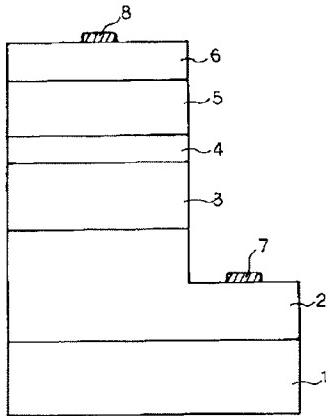
【図2】

AlN, GaN, AlP及びGaPの  
5族平衡蒸気圧を示す図



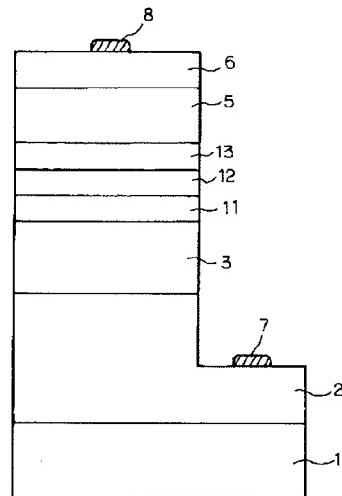
【図3】

本発明に係る実施例1の半導体発光装置の構造を示す断面図



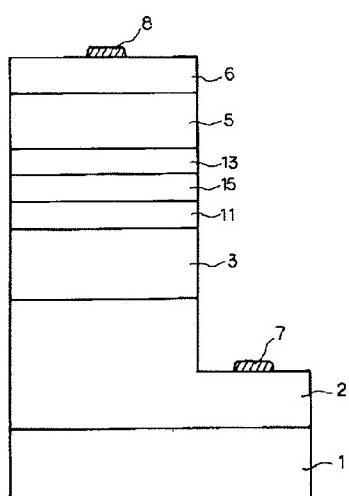
【図4】

本発明に係る実施例2の半導体発光装置の構造を示す断面図



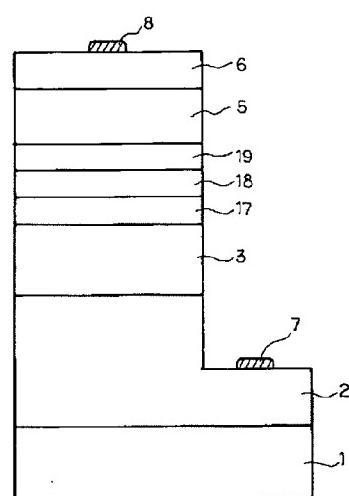
【図5】

本発明に係る実施例3の半導体発光装置の構造を示す断面図



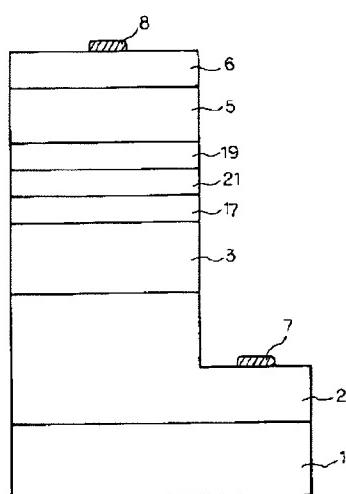
【図6】

本発明に係る実施例4の半導体発光装置の構造を示す断面図



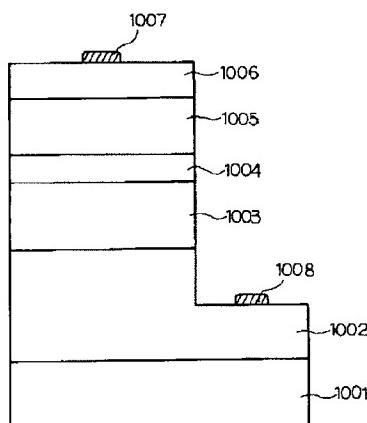
【図7】

本発明に係る実施例5の半導体発光装置の構造を示す断面図



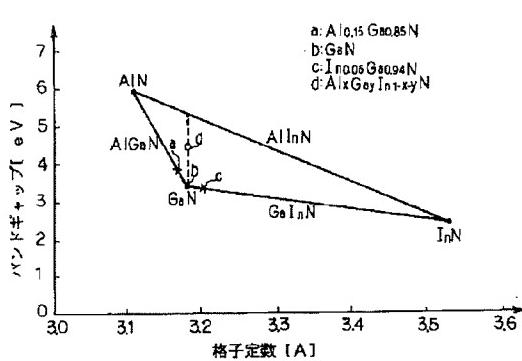
【図8】

従来例の半導体発光装置の構造を示す断面図



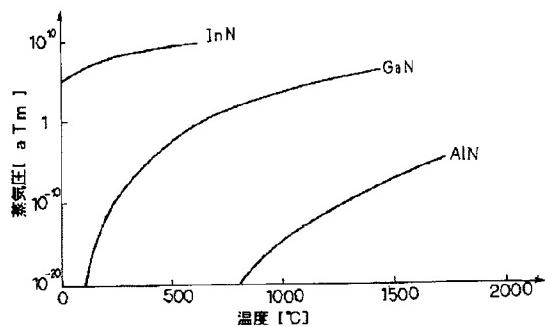
【図9】

$A_{1-x}G_xIn_{1-y}N$ 系の格子定数と  
バンドギャップの関係を示す図



【図10】

$A_{1-x}G_xIn_{1-y}N$ 及び $I_{n}N$ の5族平衡蒸気圧を示す図



Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 8-56054

**SPECIFICATION <EXCERPT>**

[0027] (Third Embodiment)

FIG. 5 is a sectional view showing a structure of a semiconductor light emitting device of the third embodiment according to the present invention. An example shown in the drawing can be applied to an LED and the like. The semiconductor light emitting device of this embodiment includes: an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate 1; an n-GaN contact layer 2 of about 3 μm in film thickness formed on the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate 1; an n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> cladding layer 3 of about 1 μm in film thickness formed on the n-GaN contact layer 2; an n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> optical confinement layer 11 of about 0.1 μm in film thickness formed on the n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> cladding layer 3 and differing in composition from the cladding layers 3 and 5; an active layer 15 of a strained quantum well (3 period) structure formed on the n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> optical confinement layer 11 and made up of an Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N film of about 80 angstroms in film thickness and In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N of about 50 angstroms in film thickness; a p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> optical confinement layer 13 of about 0.1 μm in film thickness formed on the active layer 15 and differing in composition from the cladding layers 3 and 5; the p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> cladding layer 5 of about 1 μm in film thickness formed on the p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> optical confinement layer 13; a p-GaN contact layer 6 of about 0.5 μm in film thickness formed on the p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> cladding layer 5; an n electrode 7 of Al or the like formed on the n-GaN contact layer 2 side; and a p electrode 8 of Au or the like formed on the p-GaN contact layer 6 side.

[0028] Note that in the Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> mixed crystal constituting the cladding layers 3 and 5, preferably x is 0 < x ≤ 1 and

$y$  is  $0 < y \leq 0.2$ . When  $y$  is larger than 0.2, stable crystal growth in layer form becomes difficult, which is practically undesirable. Moreover, in the  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  mixed crystal constituting the optical confinement layers 11 and 13, preferably  $x$  is  $0 \leq x <$  (the above  $x$  of the cladding layers 3 and 5) and  $y$  is  $0 \leq y <$  (the above  $y$  of the cladding layers 3 and 5). The  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  mixed crystal and the  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  mixed crystal constituting the strained quantum well of the p- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  optical confinement layer 12 are preferably  $0 \leq x \leq 0.5$  and  $0 \leq y \leq 0.5$ . When  $x$  is larger than 0.5 or  $y$  is larger than 0.5, stable formation in layer form becomes difficult, which is practically undesirable.

[0029] Thus, in this embodiment, the cladding layers 3 and 5 are formed of the  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  mixed crystal whose crystal structure is wurtzite, so that the  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}_y\text{N}_{1-y}$  cladding layers 3 and 5 having higher-quality crystallinity than the  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}$  system can be obtained as described above. Accordingly, a device structure that is lattice-matched while maintaining high-quality crystallinity can be easily formed.